

# **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА (НА ПРИМЕРЕ ЧУДСКО-ПСКОВСКОГО ОЗЕРА)**

*Кондратьев С.А., Мельник М.М., Шмакова М.В.,  
Маркова Е.Г.*

ФГБУН Институт озероведения РАН  
kondratyev@limno.org.ru

Целью настоящего исследования является количественная оценка возможных изменений стока с водосбора Чудско-Псковского озера с учетом его внутригодовой изменчивости в результате предполагаемых изменений климата в 21 веке.

Основным объектом исследований настоящей работы является река Великая с площадью водосбора 25200 км<sup>2</sup> или 58% общей площади водосбора озера – наиболее крупный приток обеспеченный достаточным количеством наблюдений за гидрологическим режимом.

В качестве инструмента для расчетов стока с водосбора р.Великая при изменяющихся климатических параметрах использовалась гидрологическая модель системы «водосбор-водоем», разработанная в Институте озероведения и верифицированная на ряде водных объектов Северо-запада России [2]. Модель описывает накопление и таяние снега, увлажнение почв зоны аэрации, испарение с поверхности водосбора, формирование стока с разделением на быструю и медленную составляющие. Кроме того, модель позволяет рассчитывать водный баланс водоема, однако этот блок не использовался в настоящих расчетах. Шаг расчетов по времени составляет 1 месяц. В процессе моделирования водосбор представляется в виде однородной имитирующей емкости, накапливающей поступающую воду и затем постепенно ее отдающей. Значения параметров модели задавались на основе опыта предшествующего моделирования стока в бассейне Чудско-Псковского [3]. В качестве входной информации об осадках и температуре воздуха принимались данные государственного мониторинга на сети Росгидромета. Верификация модели проводилась по данным измерений расходов воды в створах Опочка и Пятоново и подтвердила адекватность модели реальным процессам стокообразования на водосборе. Результаты верификации представлены в работе [3].

Основой для проведения расчетов по моделям и создания прогностической оценки возможных изменений стока с водосбора Псковско-Чудского озера в 21 веке выбран сценарий изменений климатических параметров *ESCHAM4/OPYC\_SRES A2*, рассчитанный по модели общей циркуляции атмосферы и океана за период с 1990 года по 2100 год. Материалы получены из Международного Центра Климатических данных [www.dkrz.de/daten].

Данные об осадках и температуре воздуха в периоды 1990 – 2010, 2011 – 2050 и 2051 – 2100 использовались в качестве входной информации при моделировании стока с водосбора Чудско-Псковского озера. Выполненные на основе гидрологической модели расчеты позволяют оценить изменения как внутригодовой, так и межгодовой динамики гидрологических характеристик изучаемого водосбора (водного эквивалента снежного покрова, испарения, увлажнения почв зоны аэрации, стока) с учетом возможного потепления в совокупности с изменением осадков в 21 веке. Результирующая оценка возможных изменений значений суммарного зимнего снегозапаса, суммарного испарения с поверхности водосбора, минимального летнего увлажнения почв зоны аэрации и годового слоя стока с водосбора в результате предполагаемых изменений климата также приведена в табл. 1.

На основе анализа полученных результатов расчетов можно заключить, что если предполагаемые изменения климатических параметров в 21 веке на водосборе Чудско-Псковского озера будут происходить в соответствии со сценарием *ESCHAM4/OPYC\_SRES A2*, то вряд ли можно ожидать существенных изменений годового стока с водосбора и, соответственно, притока в озеро. Это достаточно адекватно соответствует выводам, сделанным сотрудниками Государственного гидрологического института для данного региона [1], где северо-запад России не упоминается в числе регионов с существенными изменениями годового стока в ближайшем будущем. Выполненные расчеты показывают небольшое снижение суммарного годового стока к концу 21 века, несмотря на предполагаемое возрастание годового слоя осадков. Причиной может являться рост суммарного испарения в результате потепления, которое будет компенсировать возрастание слоя осадков.

Таблица 1. – Осредненные значения температуры воздуха и осадков, а также рассчитанные характеристики водного режима водосбора р. Великая за период наблюдений (1990 – 2010) и на перспективу до 2100 г.

Интервал времени	1990 – 2010	2011 – 2050	2051 – 2100
Слой осадков $R$ , мм/год	692	717	742
Среднегодовая температура $T$ , °C	5,9	6,2	8,5
Зимний снегозапас $X$ , мм	170	182	53
Суммарное испарение $E$ , мм/год	425	448	496
Минимальное летнее увлажнение почв зоны аэрации $W$ , мм	480	477	475
Слой стока $Y$ , мм/год	267	269	246

Наиболее важные изменения водного режима водосбора (с точки зрения воздействия на будущую хозяйственную деятельность в регионе) связаны с внутригодовым перераспределением рассчитанных по гидрологической модели характеристик. Это возможное снижение зимних снегозапасов, существенное внутригодовое перераспределение стока за счет смещения весеннего половодья в более ранний период и снижение меженного стока, а так же увеличение осеннее – зимнего и уменьшение летнего увлажнения почв зоны аэрации на водосборе.

Список использованных источников

1. Георгиевский В.Ю., Ежов А.В., Шалыгин А.Л., Шикломанов И.А., Шикломанов А.И. Оценка влияния возможных изменений климата на гидрологический режим и водные ресурсы рек бывшего СССР. // Метеорология и гидрология, 1996, №11, с.89-99.
2. Кондратьев С.А. Формирование внешней нагрузки на водоемы: проблемы моделирования. – СПб.: Наука, 2007, 253 с.
3. Кондратьев С.А., Голосов С.Д., Зверев И.С., Рябченко В.А., Дворников А.Ю. Моделирование абиотических процессов в системе водосбор-водоем (на примере Чудско-Псковского озера). – СПб, Изд-во «Нестор-История», 2010, 116 с.